

Automatisiertes endkonturnahes Preforming Carbonfaserverstärkter Thermoplaste mittels robotischer Halbzeugablage

Dipl.-Ing. Michael Kühnel

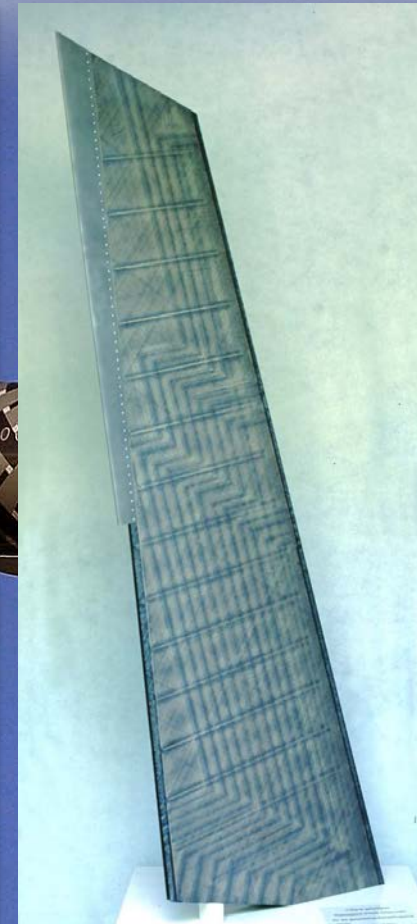
Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress
Augsburg, 18.09.2014



Wissen für Morgen

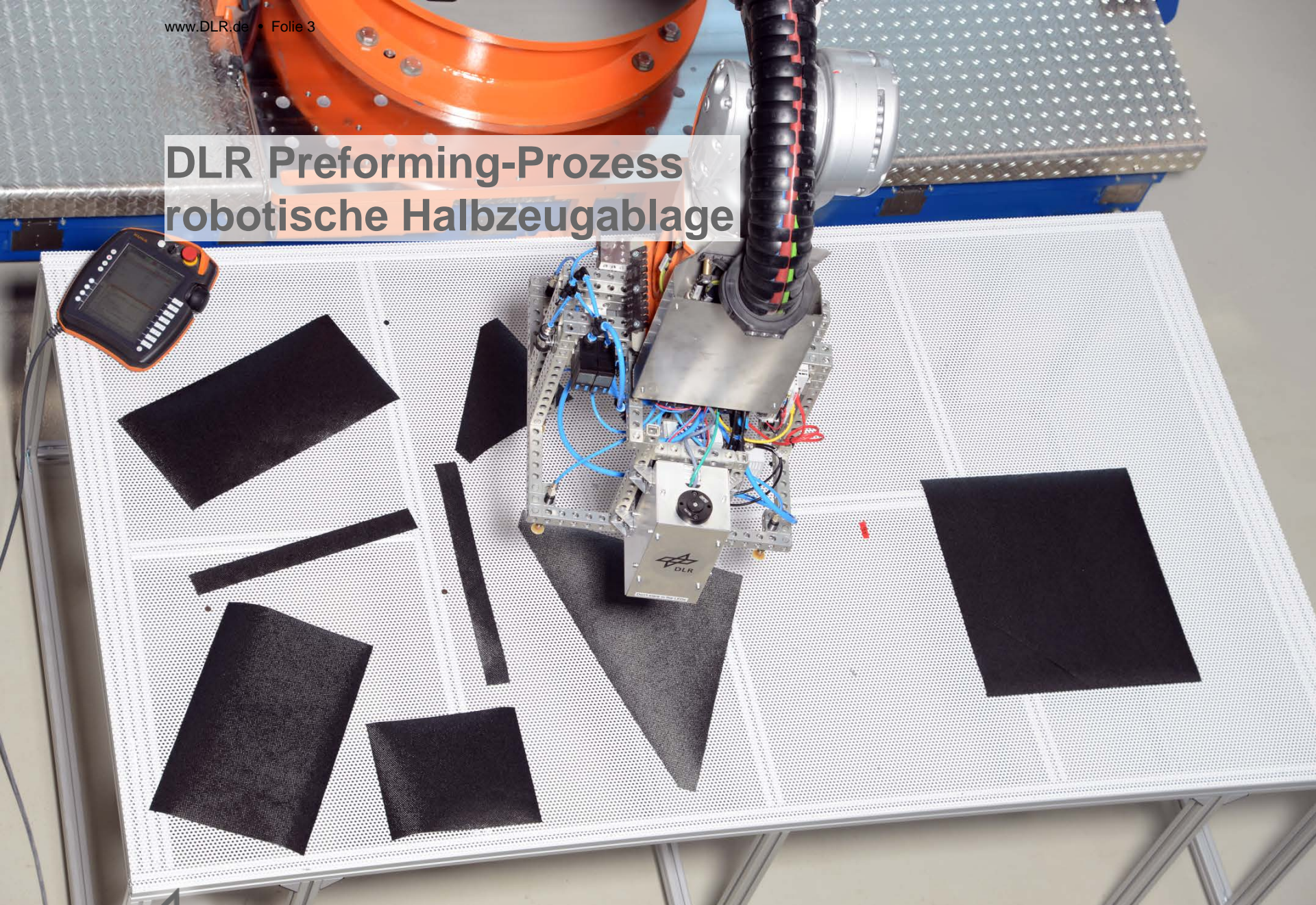


Beispiel-Anwendungen Carbonfaserverstärkter Thermoplaste im zivilen Flugzeugbau



Bildquelle: Airbus

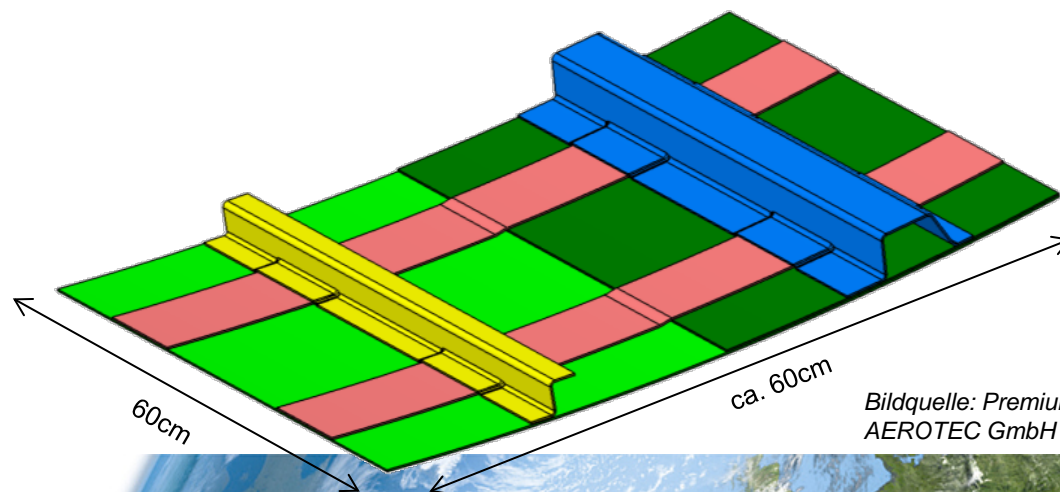
DLR Preforming-Prozess robotische Halbzeugablage



MAI Plast Technologie-Demonstrator

„generische Außenhautkomponente einer zivilen Luftfahrtanwendung“:

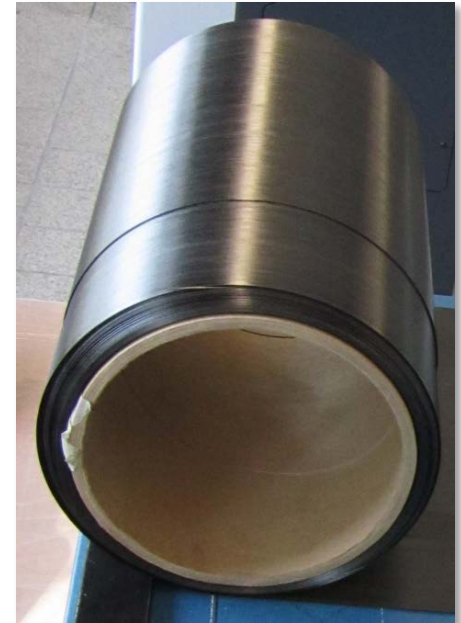
- Stringerversteiftes Hautfeld mit unterschiedlichen Lagendicken (CF/TP, ca. 2-5mm) und zylindrischer Krümmung ($R = 3\text{m} \rightarrow$ vgl. A350)
- Thermoplast-Stringer (CF/TP, **gelb**)
- Hybridstringer (CF/TS mit TP-Folie, **blau**)



Bildquelle: Premium
AEROTEC GmbH

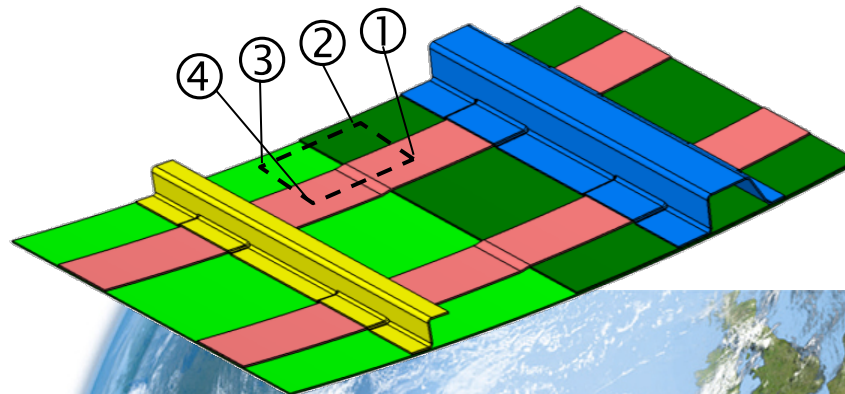
Betrachtete Materialien

- **CF/PES UD-Tape** (von Projektpartner SGL, BASF und TCG), PES amorph, $T_{G,PES} = 225\text{ °C}$ *(Quelle: Netzsch)*
- **CF/PEEK UD-Tape** (bis PES-Tape zur Verfügung steht, am DLR-ZLP Augsburg von TenCate, Toho Tenax), PEEK teilkristallin, $T_{G,PEEK} = 145\text{ °C}$, $T_{M,PEEK} = 335\text{ °C}$ *(Quelle: Netzsch)*
- Breite: 12" = 304,8 mm
Kern-Ø: 6" = 152,4 mm



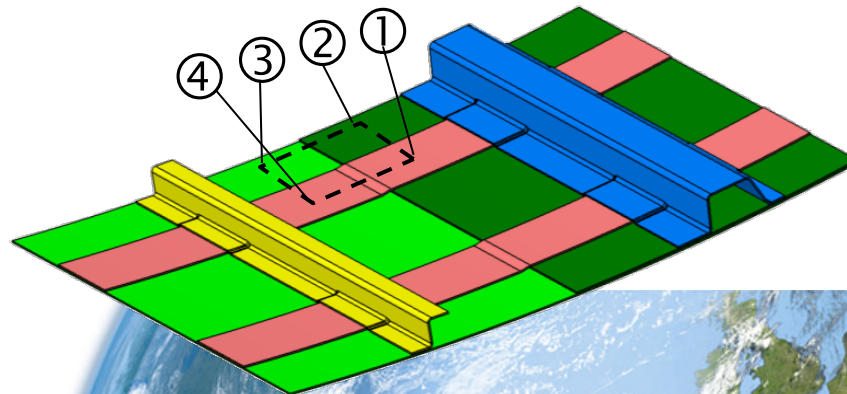
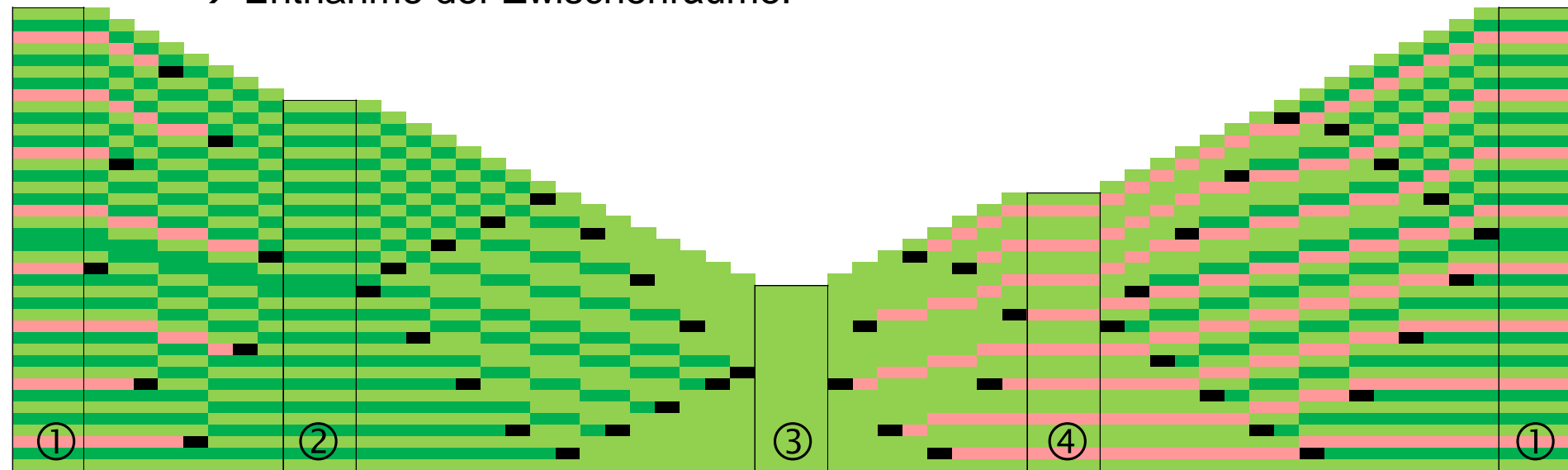
Lagenaufbau und Zuschnittsgeometrien

Querschnitt des Lagenaufbaus → diamantförmige Lagenausläufe:

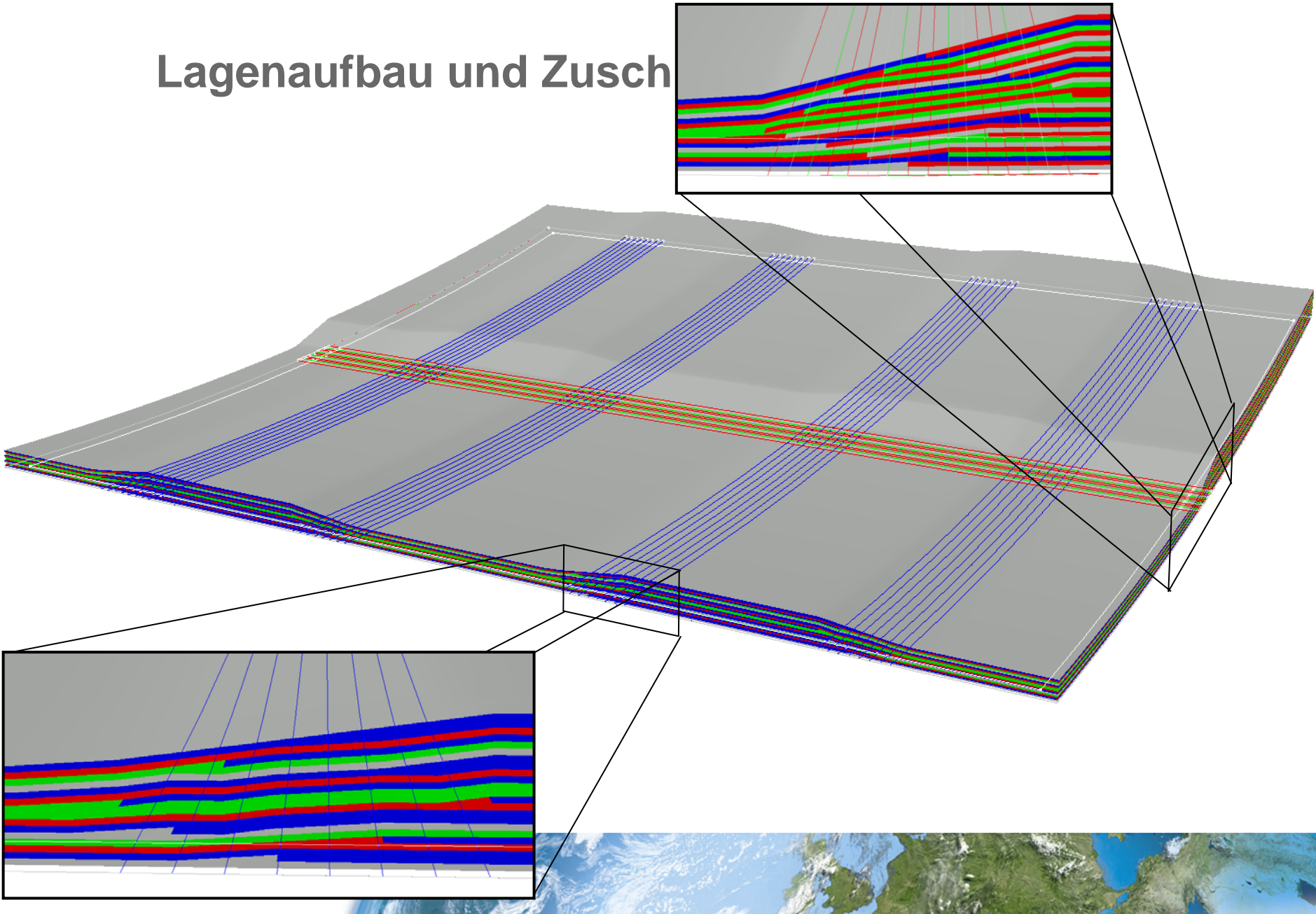


Lagenaufbau und Zuschnittsgeometrien

→ Entnahme der Zwischenräume:



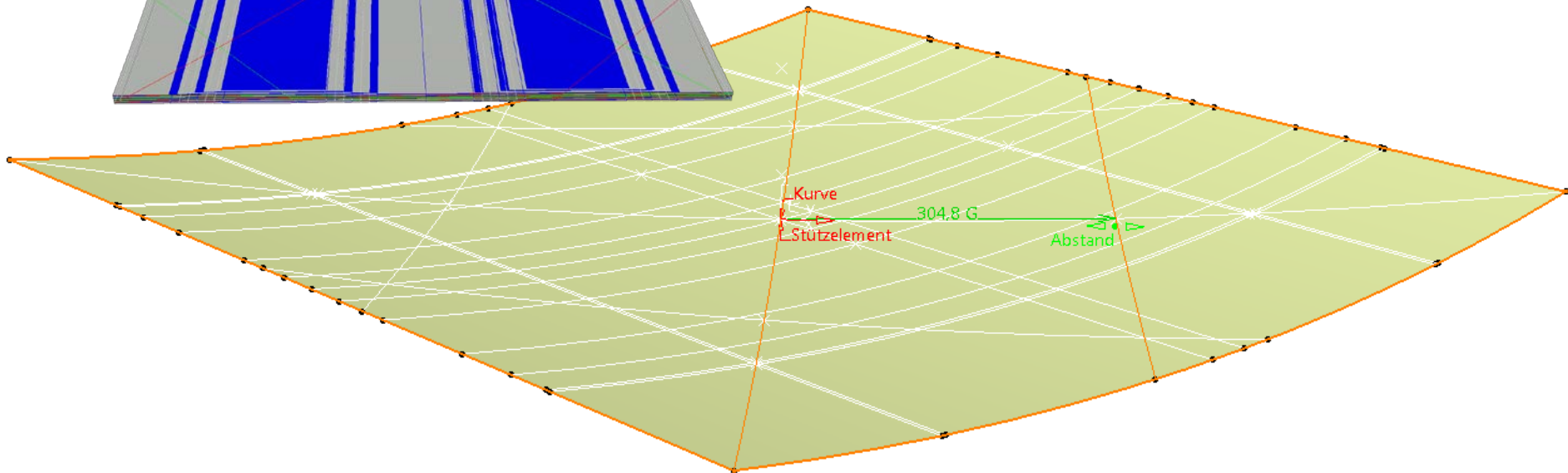
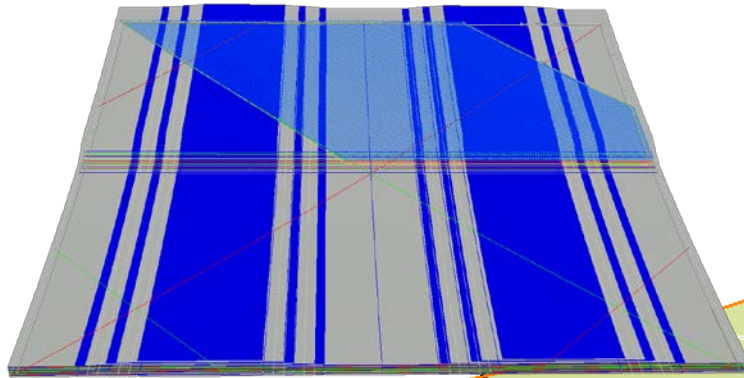
Lagenaufbau und Zusch



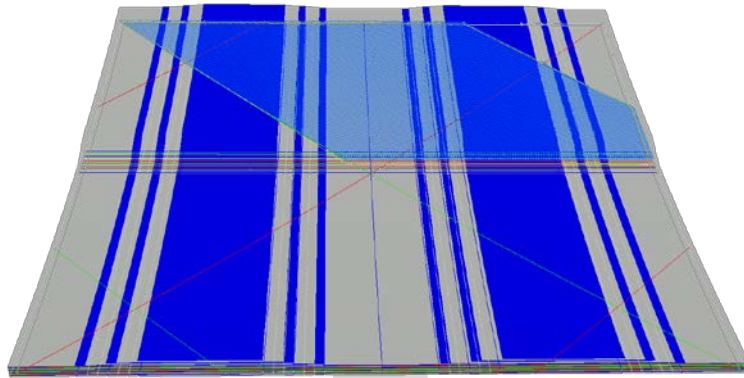
Lagenaufbau und Zuschnittsgeometrien

CATA V5 CPD – Slicing

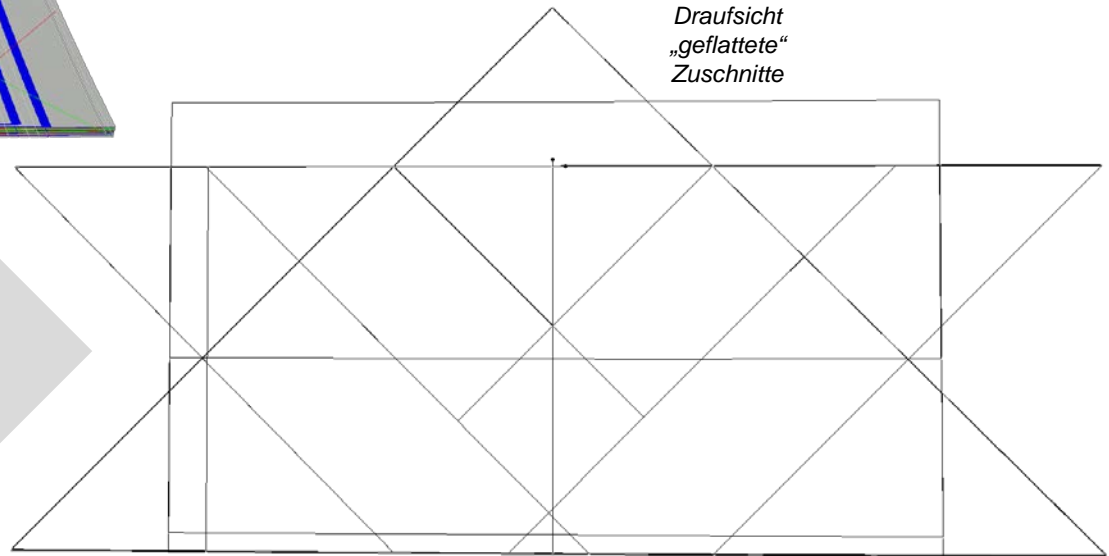
→ Parallele Kurve auf Formfläche
mit Tapebreite (12" = 304,8mm)
als geodätischem Abstand



Drapiersimulation und Flattening



→ Endkonturnahe
Zuschnittsgeometrien (bei
Vakuumkonsolidierung)



*Draufsicht
„gefaltete“
Zuschnitte*

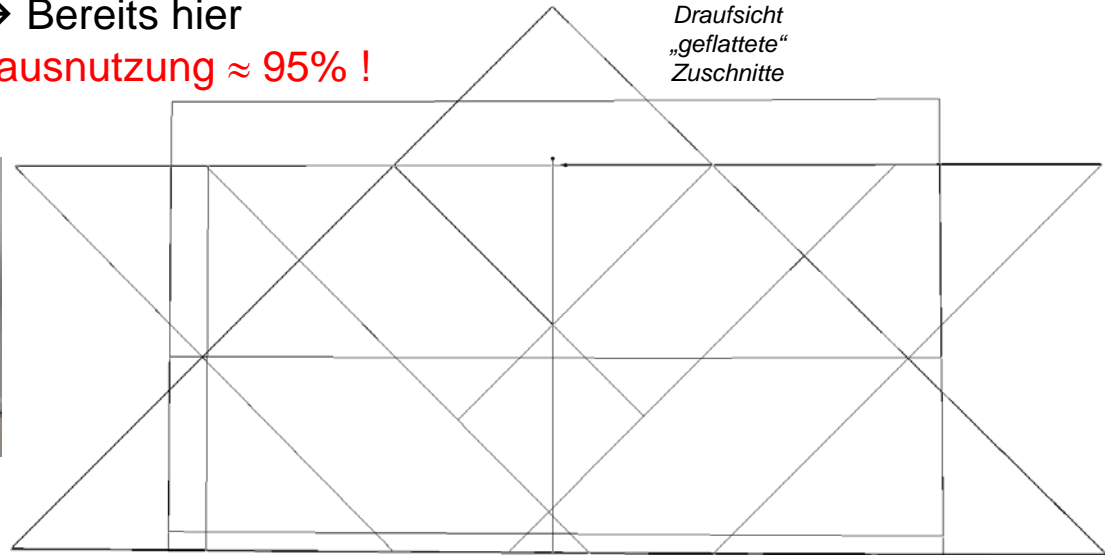


Nesting und Cattern der Zuschnitte mit AutoNester-T und Grafitroniks GTK

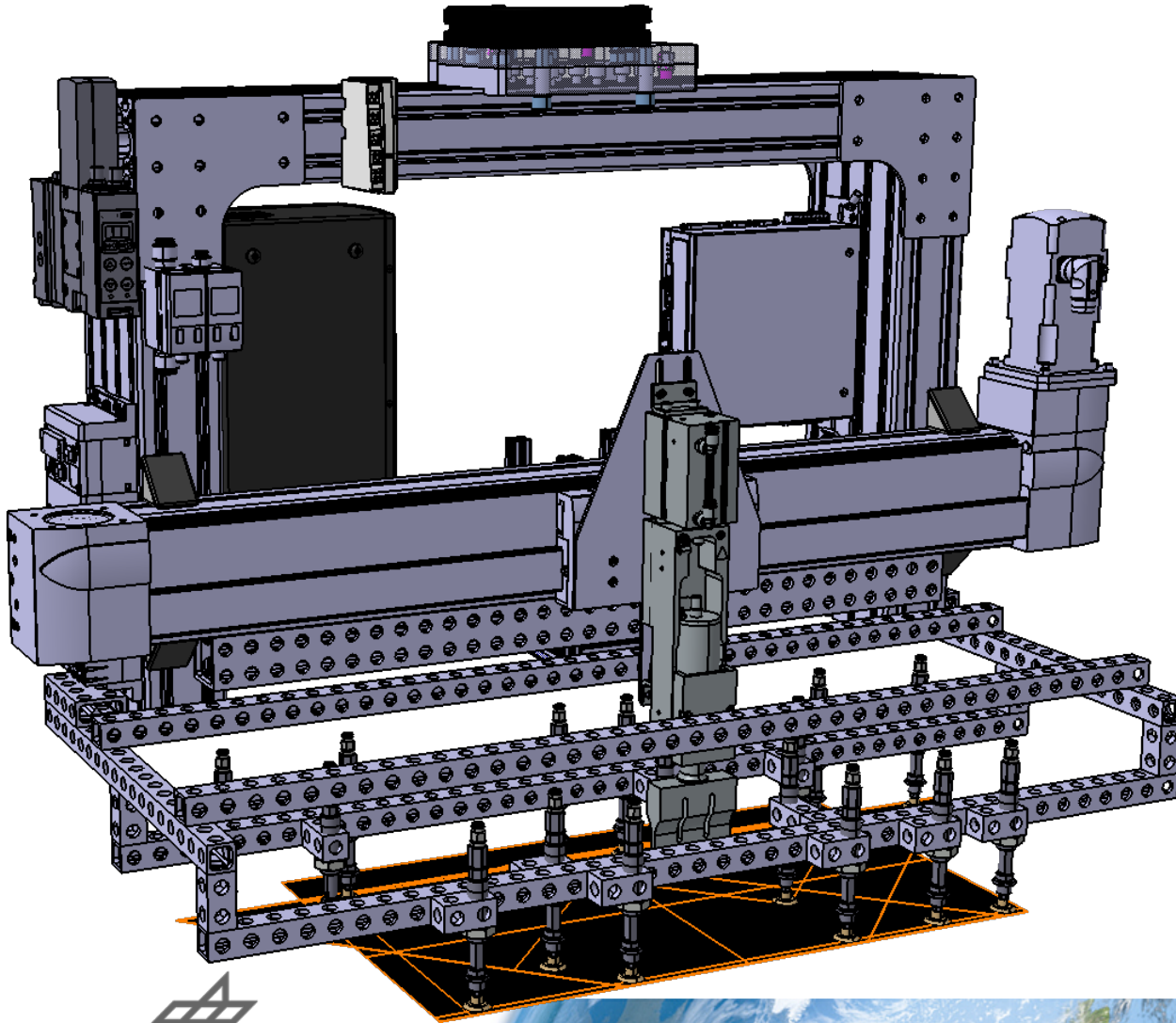


Nesting für ersten 8 Hautfeldlagen
+ 2 Verstärkungslagen
(von 40 → ca. 25% des Plybooks)
→ Bereits hier
Materialausnutzung ≈ 95% !

Draufsicht
„gefaltete“
Zuschnitte



Greiferbau



Mechanische Struktur:

- item-Profile
- Witte-Profile

Greiftechnik:

- Schmalz Vakuum-Cups auf Federstößeln
- Schmalz X-Pump
- Festo Ventilinsel

Heften:

- Branson US-Generator Konverter und Sonotrode
- pneumatische Vorschubeinheit
- Festo Linearachse, Servomotor

Zuschnittserkennung

Sensorik (Druck und Volumenstrom)





Greiferbau

Mechanische Struktur:

- item-Profile
- Witte-Profile

Greiftechnik:

- Schmalz Vakuum-Cups auf Federstößeln
- Schmalz X-Pump
- Festo Ventilinsel

Heften:

- Branson US-Generator Konverter und Sonotrode
- pneumatische Vorschubeinheit
- Festo Linearachse, Servomotor

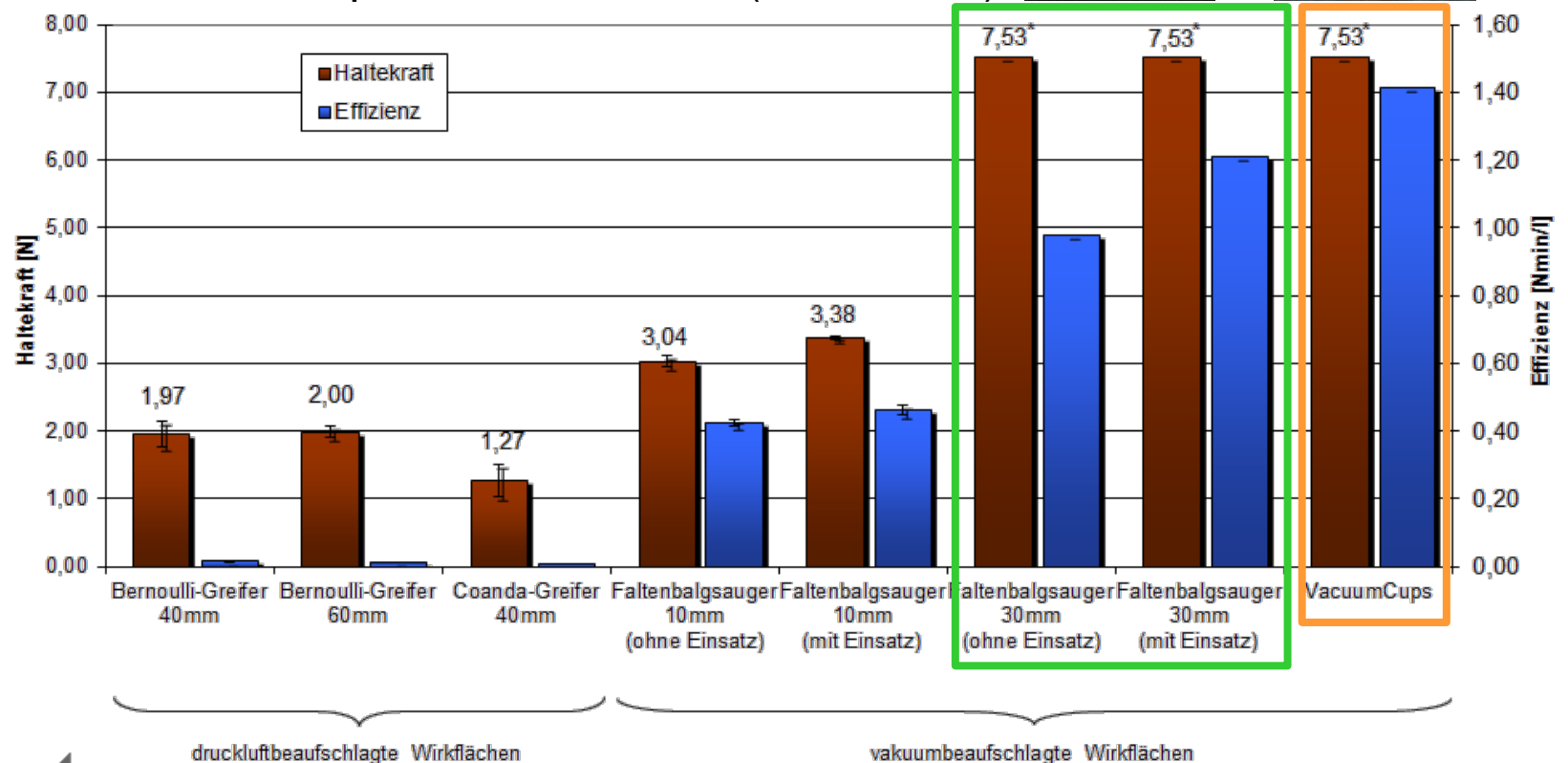
Zuschnittserkennung

Sensorik (Druck und Volumenstrom)



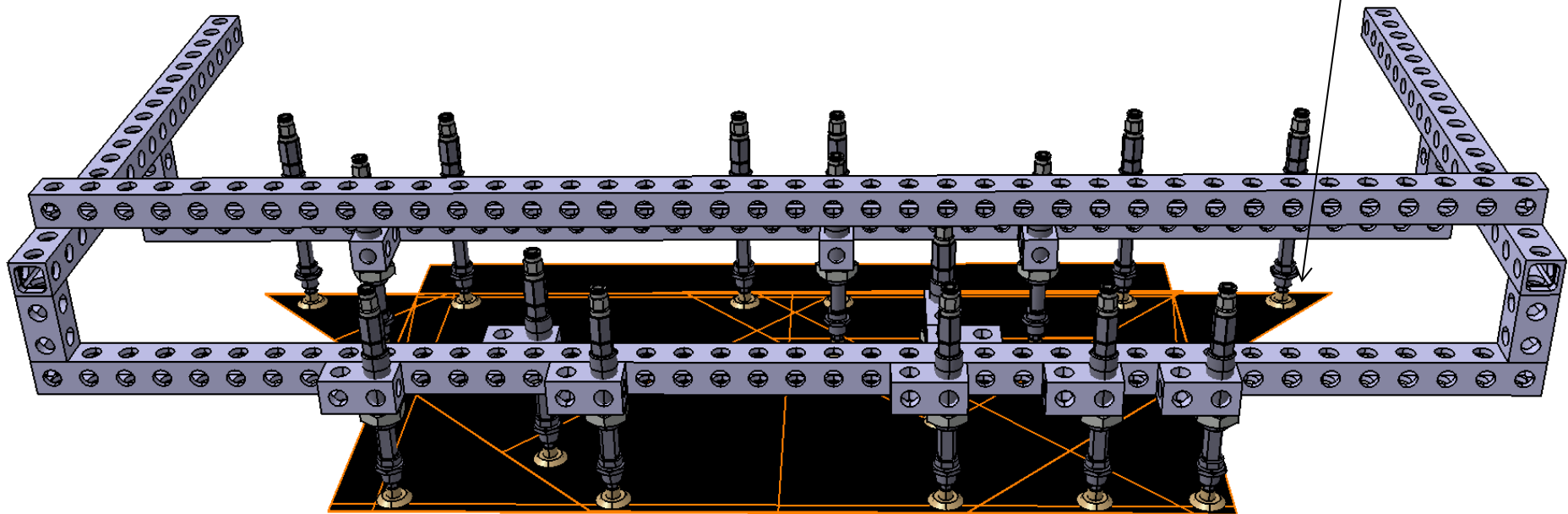
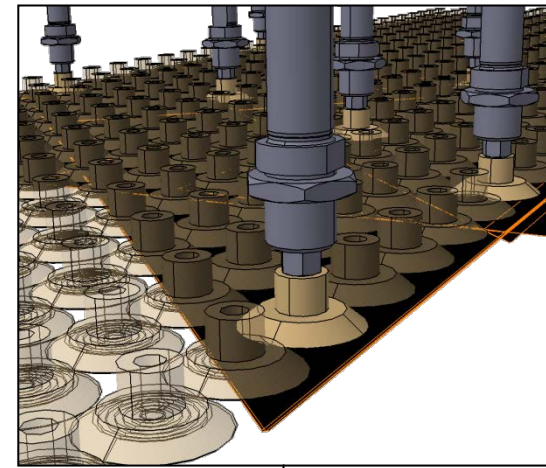
Saugerauswahl

Höhere Effizienz und besserer lateraler Halt
→ Vacuum-Cups auf Federstößel (25mm Hub)



Saugerverteilung

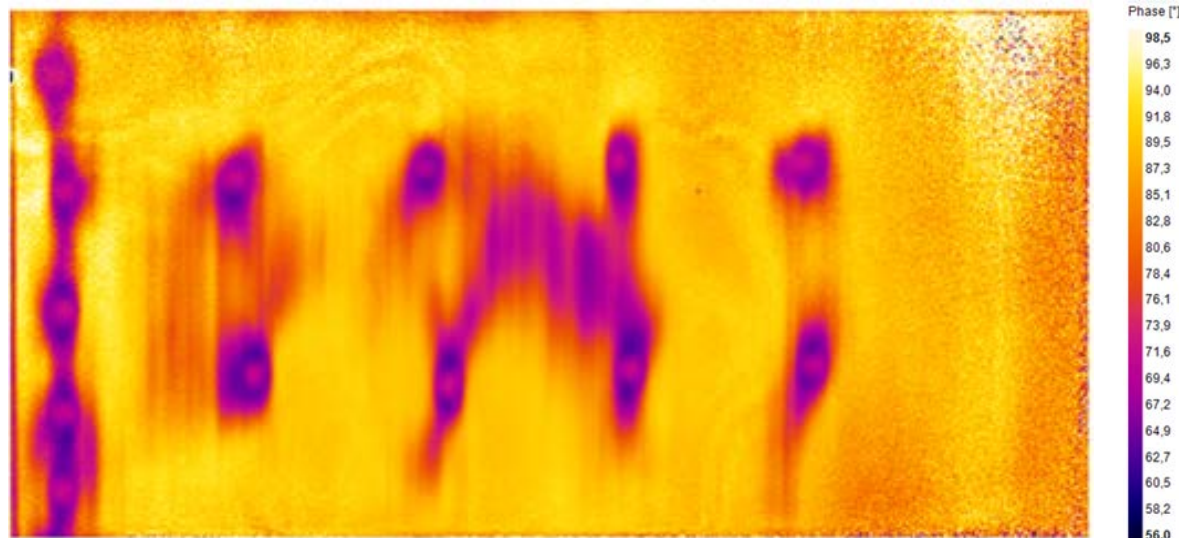
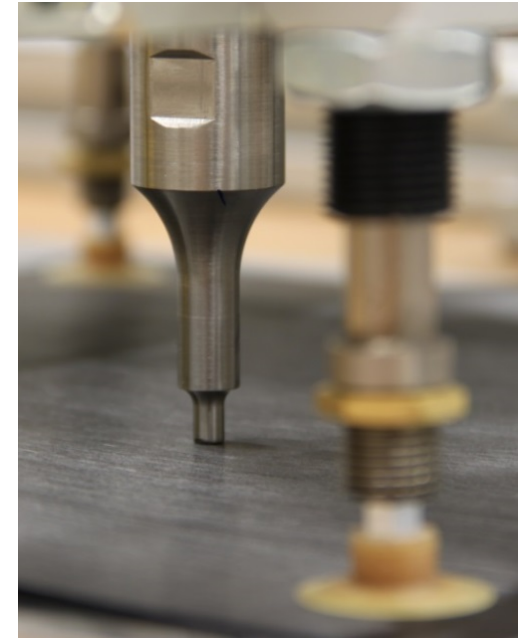
- Max. Saugeranzahl (zurzeit 24) begrenzt durch Anzahl der Ventile auf verwendeter Ventilinsel
- Diskrete Saugerpositionen durch Rasterung Witte-Profile (25mm)
- Min. 2 Heftpunkte/Zuschnitt → Erreichbarkeit Hefteinheit



Ultraschallheften

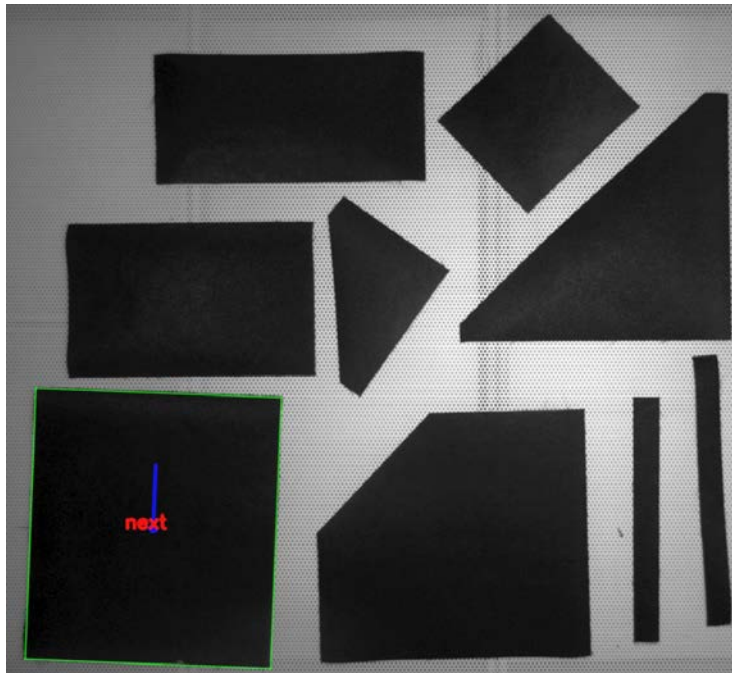
punktueller Heften der Zuschnitte mittels
Ultraschall (40kHz)

- Wärme entsteht da, wo sie benötigt wird
(v.a. an interlaminaren Reibflächen)
- Schädigungsarmes, zügiges Fixieren der
Zuschnitte



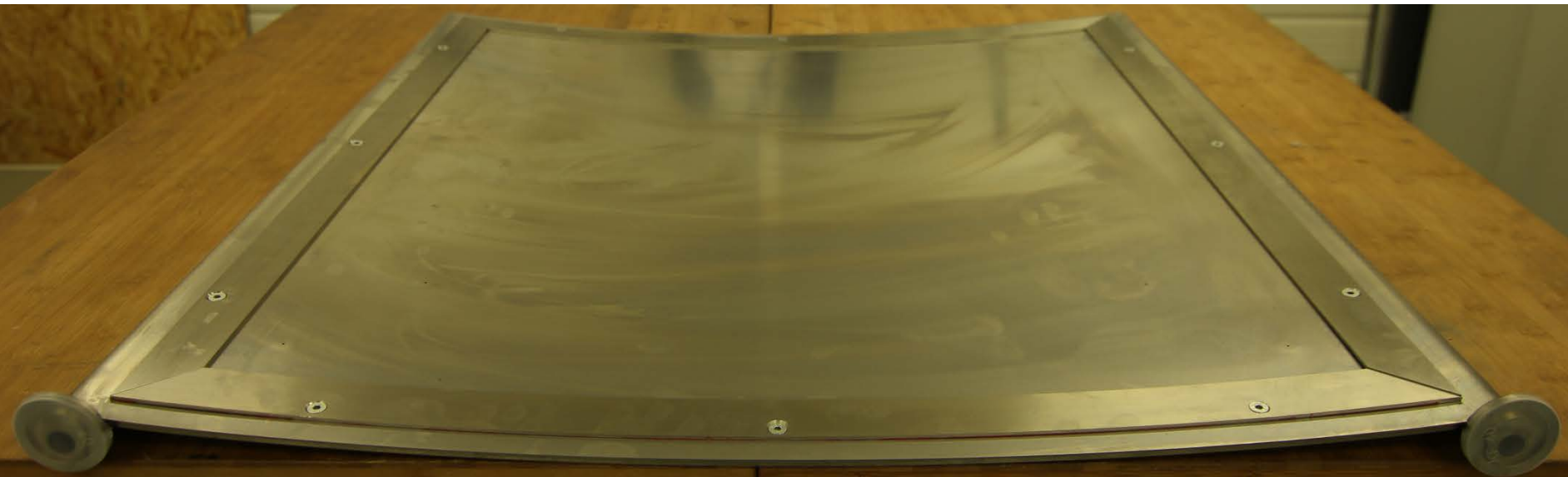
Autonome Zuschnittserkennung

- Zum automatisierten Erkennen und Greifen sämtlicher Zuschnittsgeometrien
- Erkennung Faserorientierung über Fast-Fourier-Transformation möglich (Erprobungsphase)

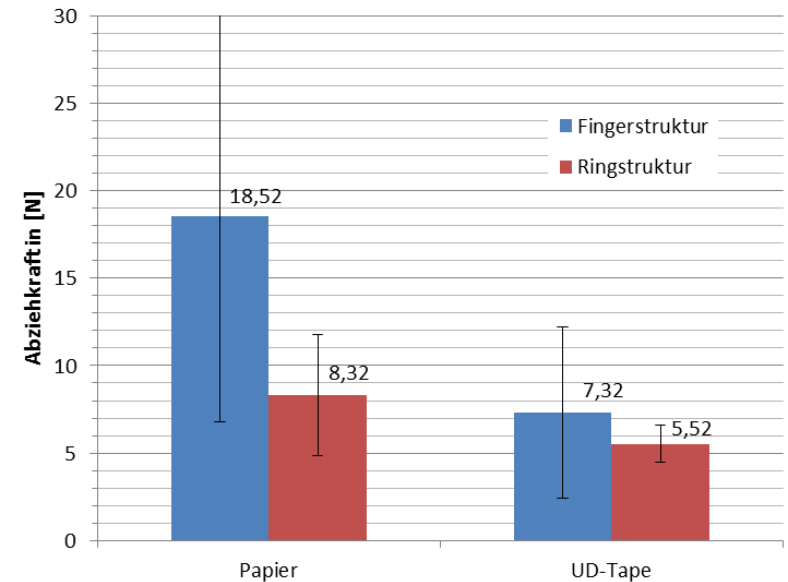
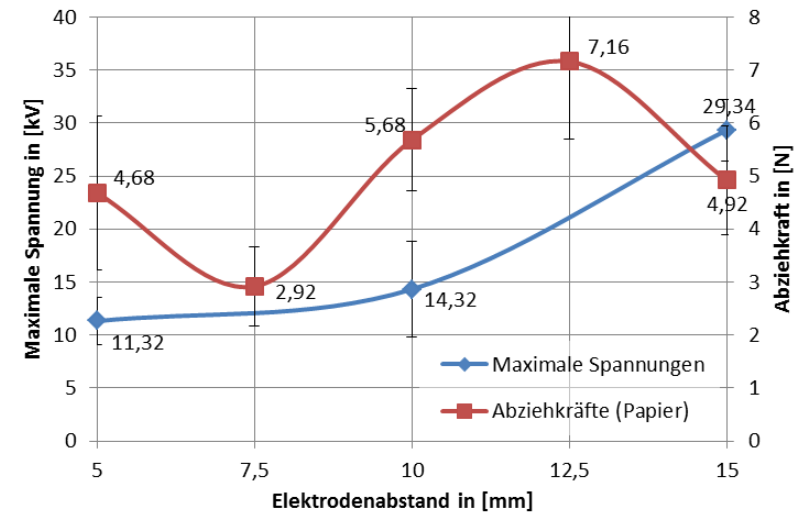
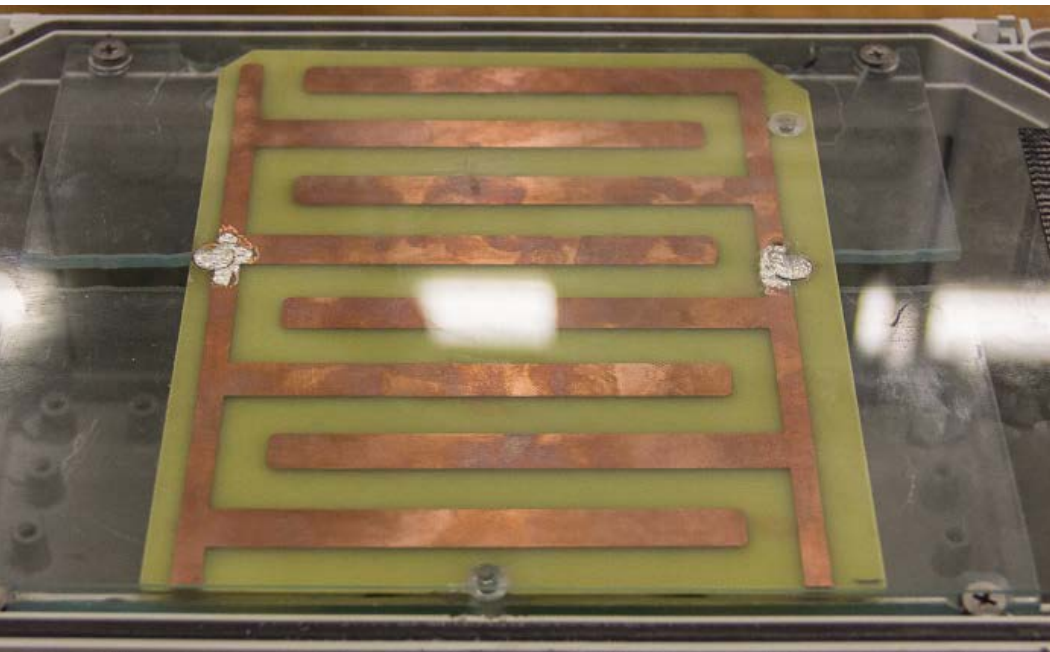


Formenbau – Ofenform

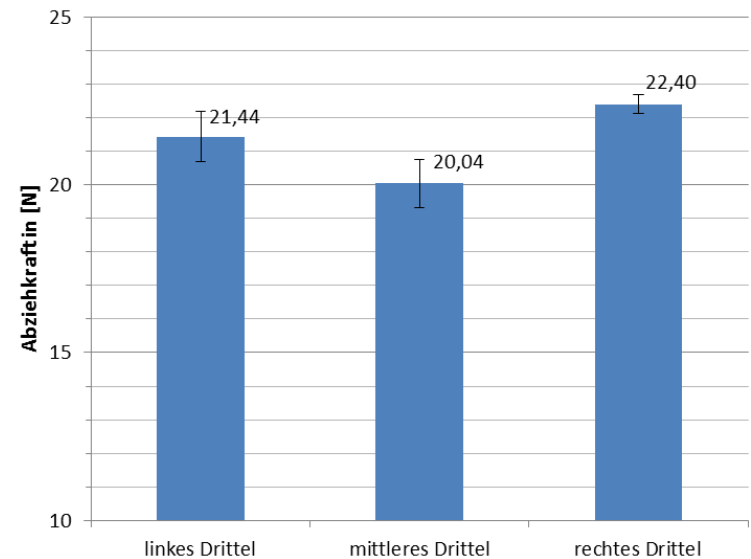
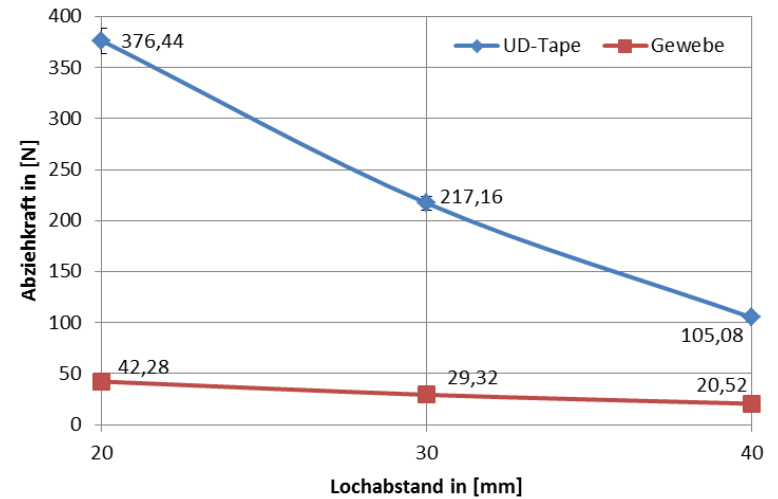
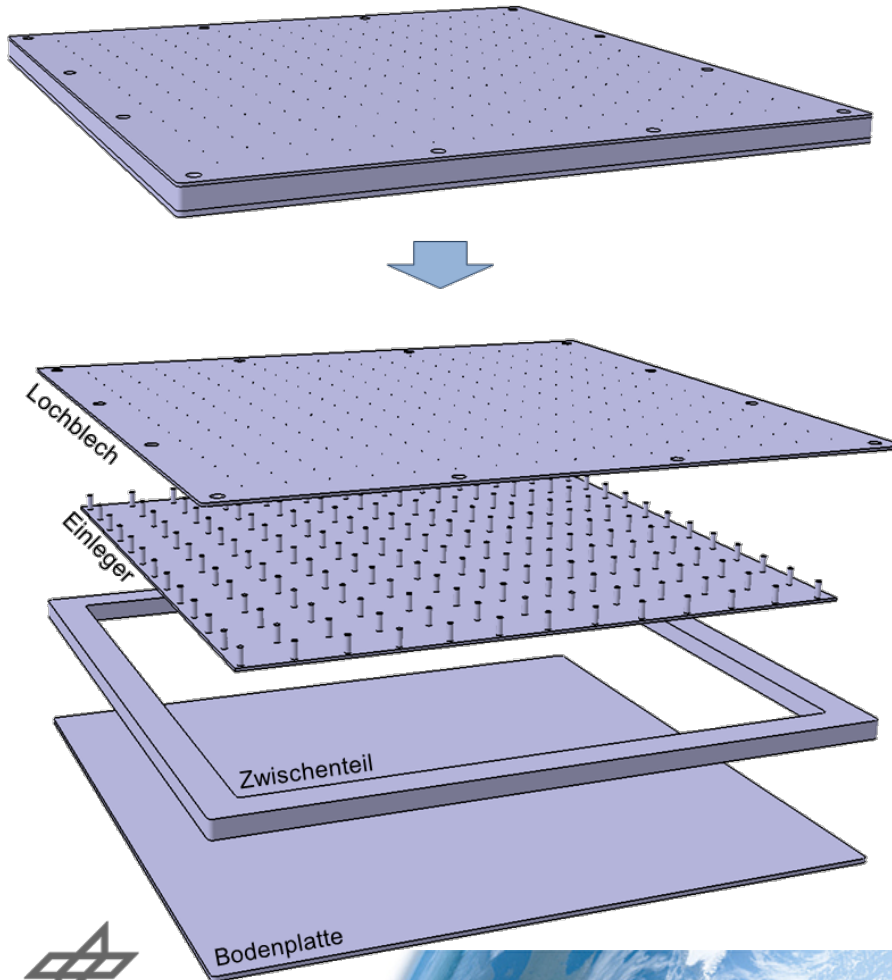
Ablageform und Vakuumkonsolidierungsform in einem



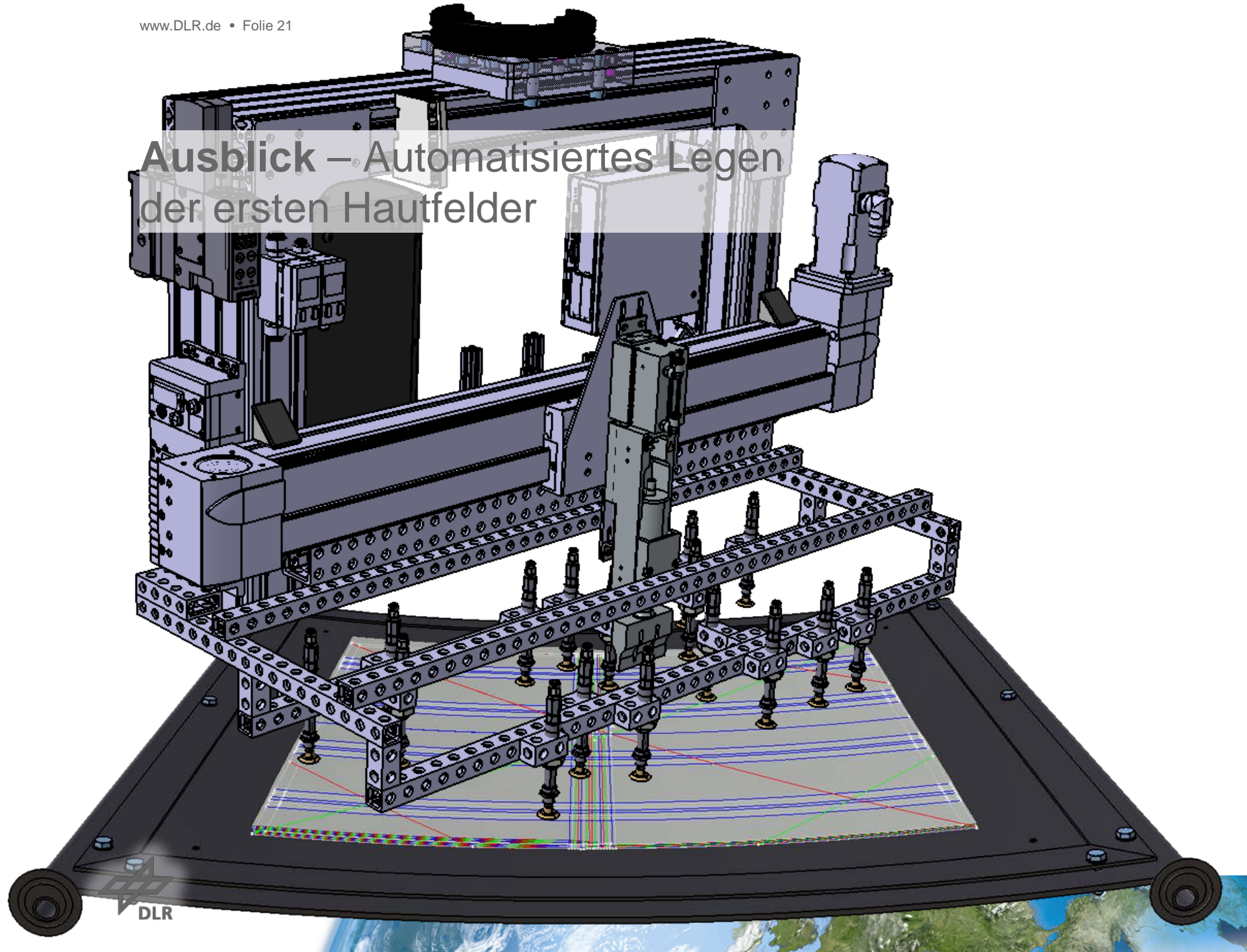
Formenbau – Fixierplatte Elektrostatik-Prinzip



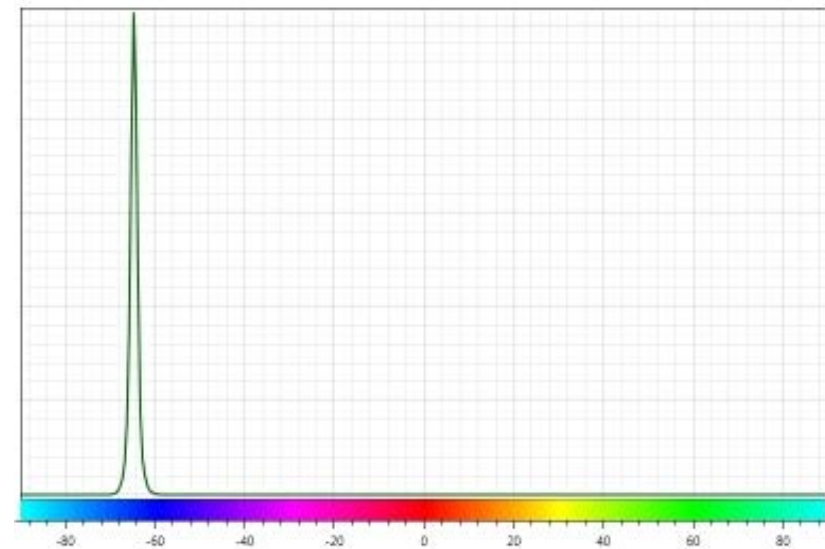
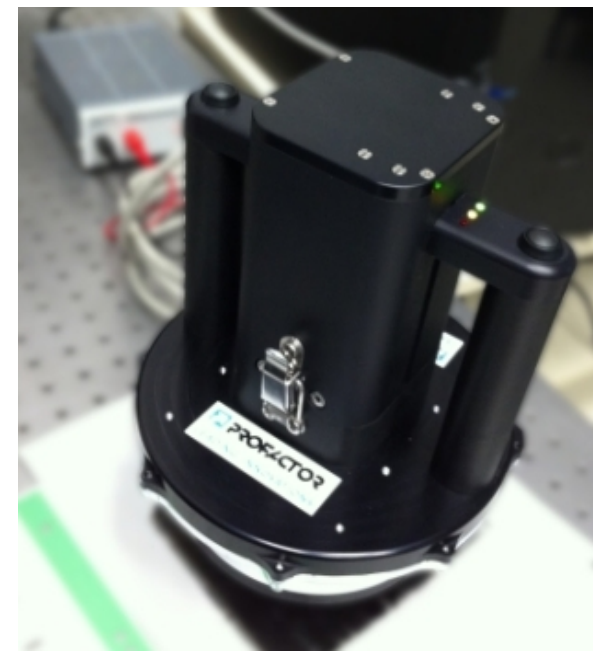
Formenbau – Fixierplatte Vakuum-Prinzip



Ausblick – Automatisiertes Legen der ersten Hautfelder



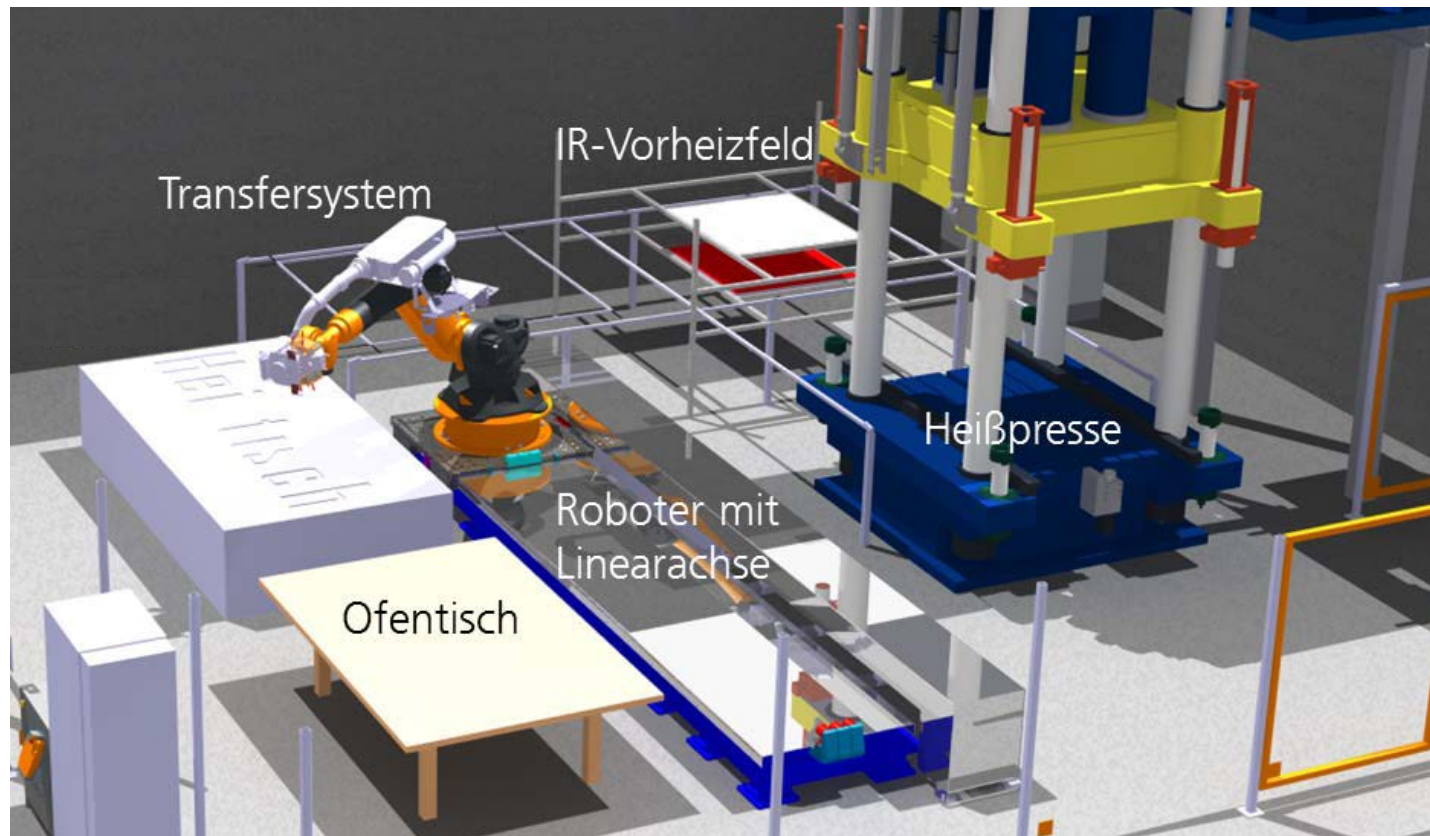
Ausblick – Faserwinkelmessung an gelegten Hautfeldern



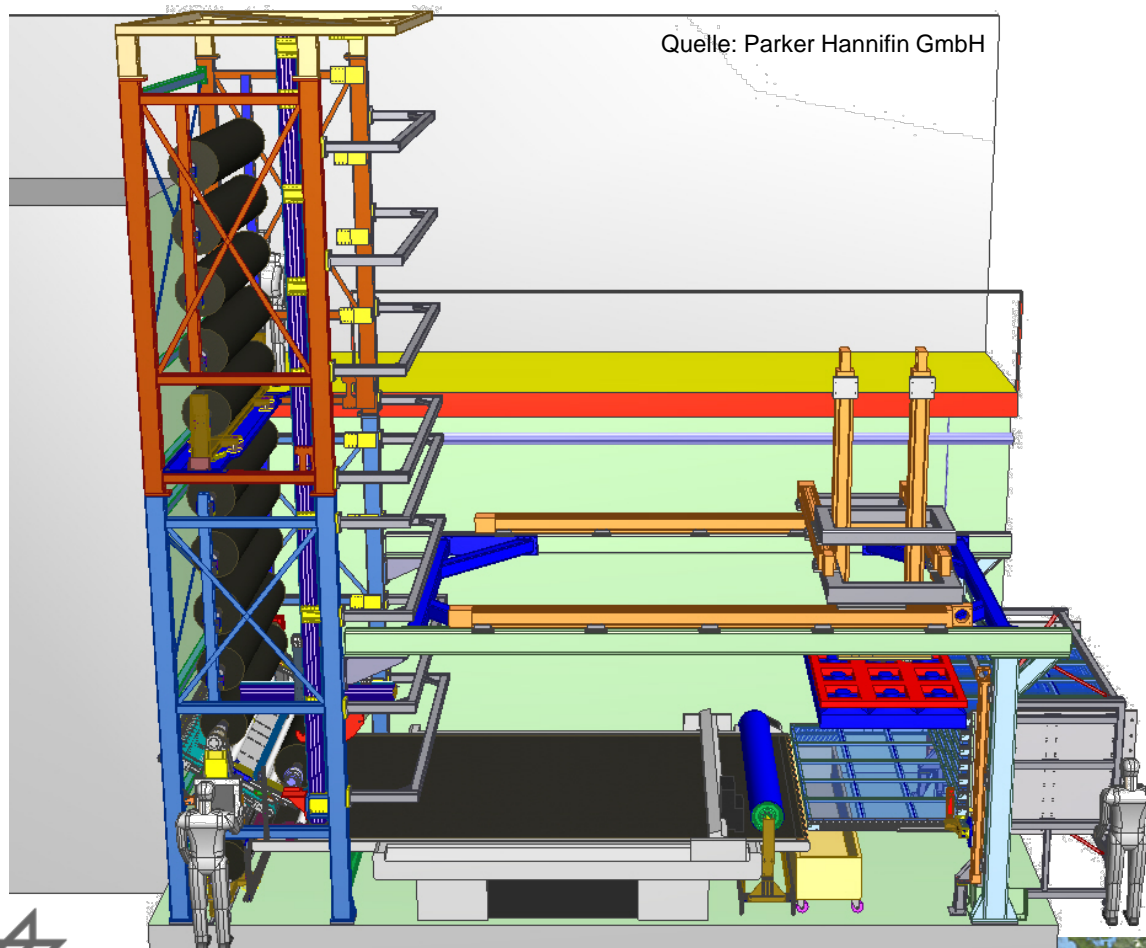
Faserwinkel [°] für CF/PEEK UD-Tape



Ausblick – Integration in Gesamt-Prozesskette Thermoplast-Zelle (Presse ab Dezember 2014)



Ausblick – Integration in Gesamt-Prozesskette Cutterzentrum (ab Dezember 2014)



- Rollenspeicher & Materialzuführung
- Cutter
- Automatisierte Absortierung
- Palettiersystem mit
 - Schubladen: bis zu 2,5x1,5m
 - Aufrollmechanik: bis zu 16x2m

Ausblick – Prozessbewertung und Optimierung

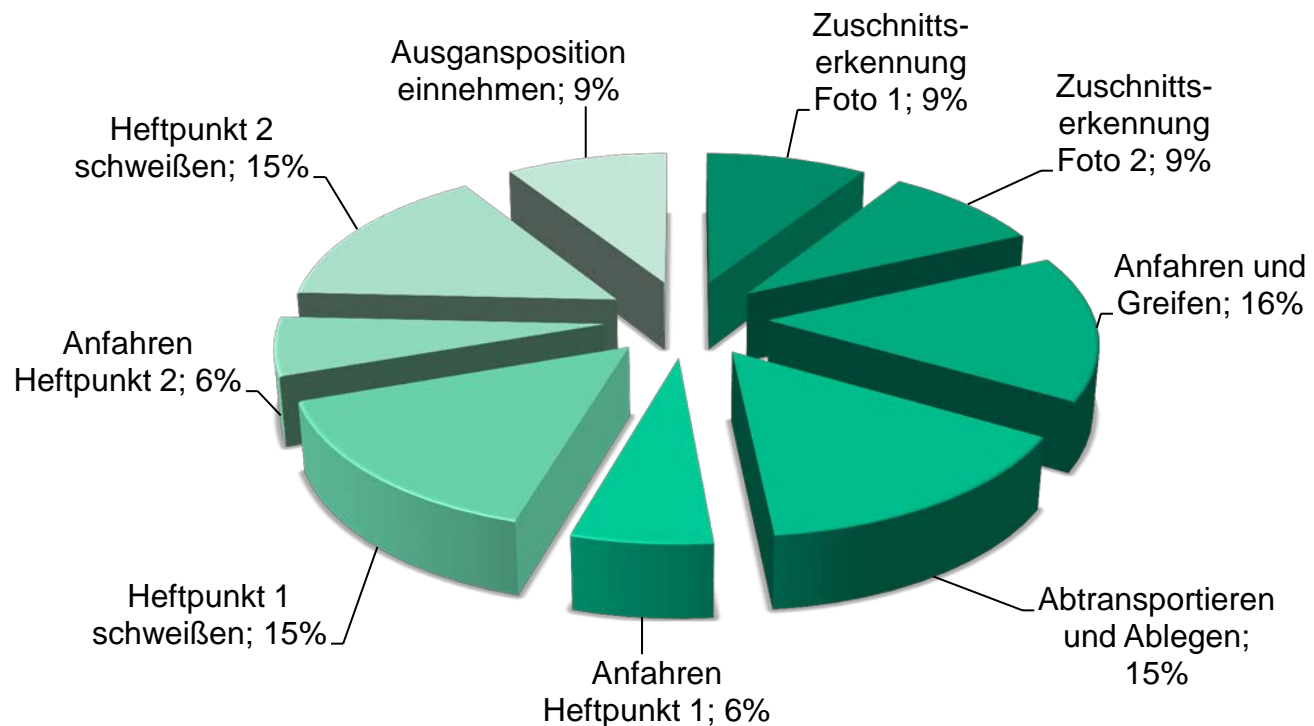
Prozessbewertung hinsichtlich benötigter Ressourcen:

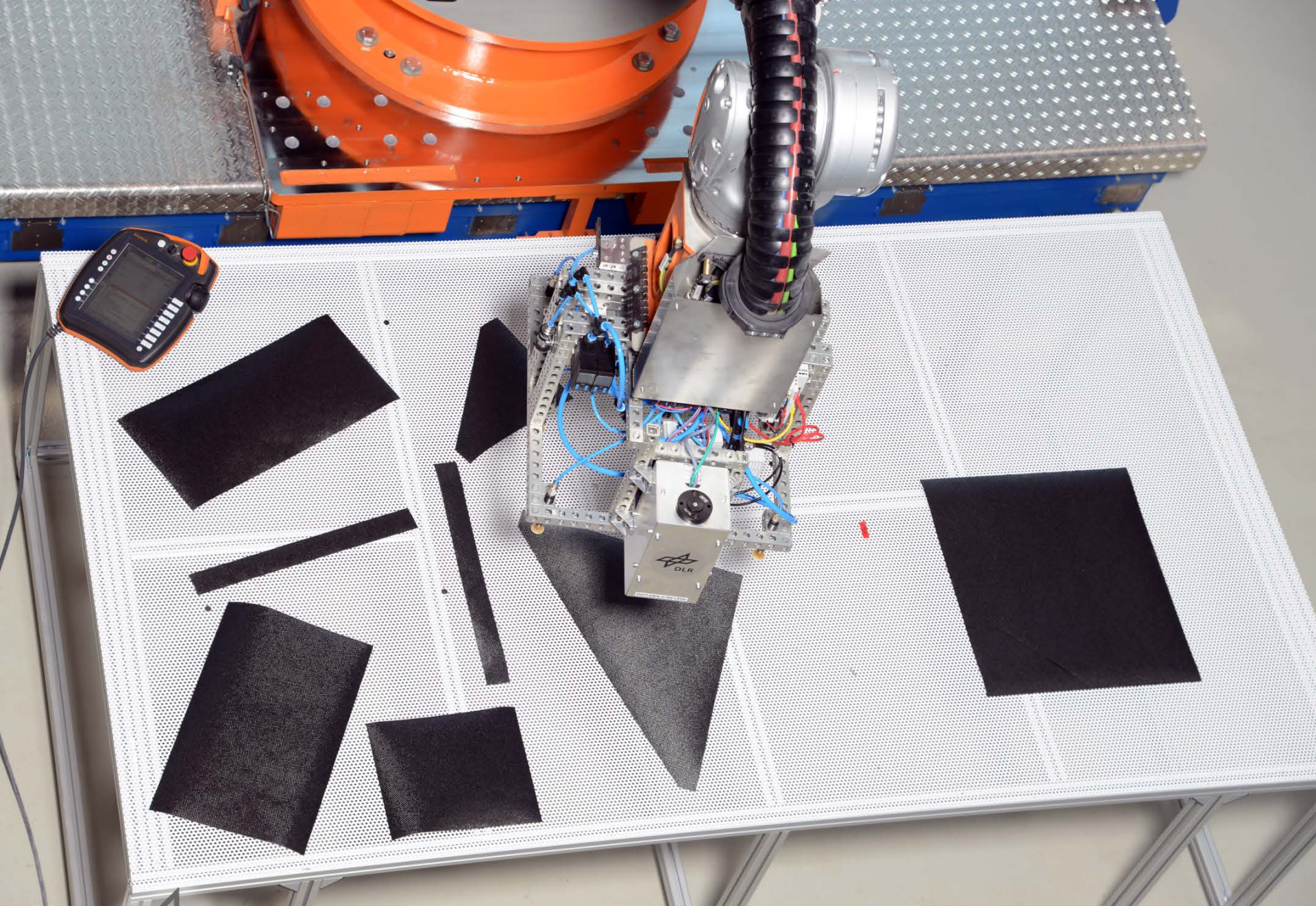
- Zeit
- Material
- Energie
- Kosten



**Optimierungs-
potential**

Prozesszeit für 1 Zuschnitt





Zusammenfassung

- Drapiersimulation und Nesting
→ Reduzierter Materialeinsatz
- Robotisches Preforming mit flexiblen Vakuumsaugern
→ Materialschonende Handhabung unterschiedlichster Halbzeug-Typen
- Autonome Zuschnittserkennung
→ Handhabung unterschiedlichster Zuschnittsgeometrien
- Ultraschall-Schweißen
→ Schnelles Lagenstacking
- Preforming in Konsolidierungsform
→ Kurze Prozesszeit



Danksagungen

- Das Projekt MAI Plast wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Der Aufbau des DLR-ZLP Augsburg wird gefördert durch die Stadt Augsburg, den Freistaat Bayern sowie das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Stadt
Augsburg



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

- **Besonderer Dank an das Team des DLR-ZLP**



AUGSBURG
INNOVATIONS
PARK



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Fragen?

